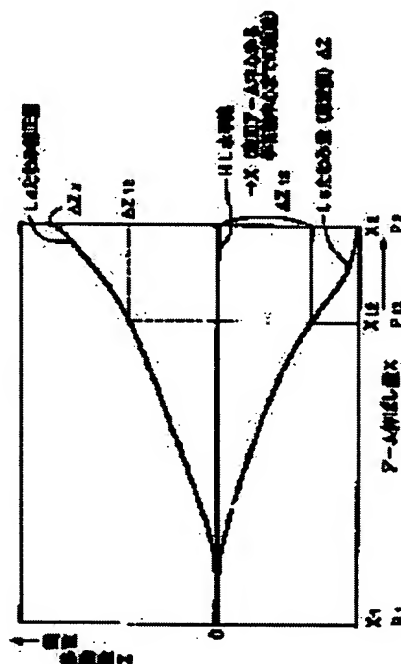


(11)Publication number : 2000-183128
(43)Date of publication of application : 30.06.2000

H01L 21/68
B25J 9/06
B25J 9/10
B65G 49/07
G02F 1/13

(71)Applicant : KOMATSU LTD
(72)Inventor : KURIHARA TAKASHI
YAZAKI SATOSHI
SAMEJIMA YASUO

Then, a vertical-deflection quantity $\Delta Z12$ corresponding to a present horizontal-movement quantity $X12$ (P12) of the tip of the arm is determined from the set content in the above. Accordingly, a vertical-movement quantity Z (vertical drive command) is so corrected that the arm is moved by the above deflection quantity $\Delta Z12$ in the opposite vertical direction to its deflection direction, and the vertically drive command is outputted.



LEGAL STATUS

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開 2000-183128

(P 2000-183128A)

(43) 公開日 平成12年6月30日 (2000. 6. 30)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号		F I	テ-マ-ト (参考)	
H 0 1 L	21/68		H 0 1 L	21/68	A 2H088
B 2 5 J	9/06		B 2 5 J	9/06	D 3F059
	9/10			9/10	A 3F060
B 6 5 G	49/07		B 6 5 G	49/07	C 5F031
G 0 2 F	1/13	1 0 1	G 0 2 F	1/13	1 0 1
審査請求		未請求	請求項の数 4	O L (全 1 4 頁)	

(21) 出願番号 特願平10-359580

(22) 出願日 平成10年12月17日 (1998. 12. 17)

(71) 出願人 000001236

株式会社小松製作所

東京都港区赤坂二丁目3番6号

(72) 発明者 栗原 隆

神奈川県平塚市万田1200 株式会社小松製作所研究所内

(72) 発明者 矢崎 聡

神奈川県平塚市万田1200 株式会社小松製作所研究所内

(74) 代理人 100071054

弁理士 木村 高久 (外1名)

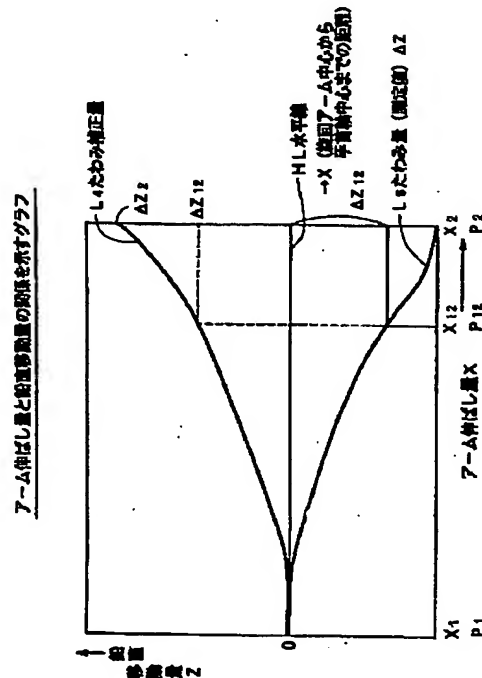
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ワーク搬送装置の制御装置

(57) 【要約】

【課題】 ワーク搬送ロボット R1 によってロードロック室 22 の搬入口 22 a にワーク WK を搬送する際に、ワーク WK の移動軌跡が自重方向にずれた曲線になってしまうことを防止し水平線に沿って直線状に移動させる。

【解決手段】 アーム 16、17 の先端の水平移動量 X に対応づけてアーム 16、17 の鉛直方向の撓み量 ΔZ が設定される。そしてアーム 16、17 の先端の現在の水平移動量 X_{12} (P_{12}) に対応する撓み量 ΔZ_{12} が、上記設定内容から求められる。そして、アーム 16、17 が撓み方向とは反対の鉛直方向に当該撓み量 ΔZ_{12} だけ鉛直移動するように鉛直移動量 (鉛直駆動指令) Z が補正されて駆動指令が出力される。



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

基端部に対して片持ち支持されたアームと、駆動指令に応じた水平移動量だけ前記アーム先端を前記基端部に対して水平移動させる水平駆動軸と、前記駆動指令に応じた鉛直移動量だけ前記アームを鉛直移動させる鉛直駆動軸と、前記駆動指令を生成して前記水平駆動軸および前記鉛直駆動軸に出力することによってアーム先端のワークの搬送を制御する制御手段とを具えたワーク搬送装置の制御装置において、

前記アーム先端の水平移動量に対応づけて前記アームの鉛直方向の撓み量を設定する撓み量設定手段を具え、前記制御手段は、

前記アーム先端の現在の水平移動量に対応する撓み量を、前記撓み量設定手段の設定内容から求め、前記アームが撓み方向とは反対の鉛直方向に当該撓み量だけ鉛直移動するように前記鉛直移動量を補正して前記駆動指令を出力するようにしたワーク搬送装置の制御装置。

【請求項 2】 前記制御手段は、前記アーム先端が指令開始位置から目標位置まで所望の軌跡を描くように、各サンプリング時刻毎に前記駆動指令を出力する制

御手段であり、現在のサンプリング時刻におけるアーム先端の水平移動量に対応する撓み量を、前記撓み量設定手段の設定内容から求め、前記アームが撓み方向とは反対の鉛直方向に当該撓み量だけ鉛直移動するように前記鉛直移動量を補正して現在のサンプリング時刻における駆動指令を出力するものである請求項 1 記載のワーク搬送装置の制御装置。

【請求項 3】 前記制御手段は、前記アーム先端が各目標位置に順次到達するように前記駆動指令を出力する制御手段であり、

前記撓み量設定手段は、

前記アーム先端が各目標位置間を移動する際の前記水平駆動軸の駆動量に対する前記鉛直駆動軸の駆動量の関係を、前記アーム先端の水平移動量に対する前記アームの鉛直方向の撓み量の関係として設定するものであり、前記制御手段は、次の目標位置におけるアーム先端の水平移動量に対応する撓み量を、前記撓み量設定手段の設定内容から求め、前記アームが撓み方向とは反対の鉛直方向に当該撓み量だけ鉛直移動するように前記鉛直移動量を補正して前記駆動指令を出力するものである請求項 1 記載のワーク搬送装置の制御装置。

【請求項 4】 前記撓み量設定手段は、前記アームの種類または前記ワークの種類に応じて、撓み量を設定しておくものである請求項 1 記載のワーク搬送装置の制御装置。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】 本発明は、基端部に対して片持ち支持されたアームを水平移動させることによってア

ーム先端のワークを搬送するワーク搬送装置に関し、特にアームの撓みをなくすることができる装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 例えば、液晶用ガラス基板や半導体ウエハ等の半導体製造システムにおいては、製造、成膜、熱処理等の単位処理部を所定位置に配置し、これら単位処理部に対して順次基板を搬送することにより、当該基板に一連の処置を施すようにしている。

【0003】 図 3 は、この種の半導体製造システムの一例を示すものであり、ガラス基板に所定の処理を施すことによって液晶パネルを製造するための製造システムを例示している。

【0004】 図 3 に示すようにクリーンルーム CR は、その内部に複数の収容カセット（カセットマガジン）C を備え、これら収容カセット C にそれぞれ複数のガラス基板を段状に収容している。

【0005】 図 3 中の処理加工室 21 は高真空、高温、高クリーン度に保持されている。処理加工室 21 はトランスファチャンバ TC と、その周囲に設けられ上述した単位処理部となる複数のプロセスチャンバ PC1、PC2、PC3、PC4、PC5 と、真空予備室としての一対のロードロック室 22、23 とを備えている。処理加工室 21 はロードロック室 22、23 を介してクリーンルーム CR に隣接配置されている。

【0006】 ここで図 5 はロードロック室 22（23）を側面から見た図であり、ロードロック室 22、23 とクリーンルーム CR との間にはゲート 3 が設けられている。このゲート 3 は、ガラス基板（以下適宜「ワーク」という）WK の搬入出の際にのみ開閉扉 22c を介して開放される。常態においてはゲート 3 は開閉扉 22c により閉塞されており、上述した処理加工室 21 を高真空、高温、高クリーン状態に維持する。

【0007】 これらクリーンルーム CR およびトランスファチャンバ TC の内部には、それぞれワーク搬送装置としてのワーク搬送ロボット R1、R2 が設けられている。

【0008】 クリーンルーム CR に設けられたワーク搬送ロボット R1 は、収容カセット C（供給側カセット）に収容されたワーク WK をトランスファチャンバ TC への入口となるロードロック室 22 に搬送させる一方、トランスファチャンバ TC からの出口となるロードロック室 23 のワーク WK を収容カセット C（収納側カセット）に搬送させるためのロボットである。

【0009】 トランスファチャンバ TC に設けられたワーク搬送ロボット R2 は、ロードロック室 22 に搬入されたワーク WK を複数のプロセスチャンバ PC1、PC2 … に順次搬送させた後、これらプロセスチャンバ PC1、PC2 … において一連の処理が終了したワーク WK をロードロック室 23 に搬送させるためのロボットであ

る。

【0010】この種の製造システムでは、図1、図2に示す構造のワーク搬送ロボットが適用される。クリーンルームCRに設けられたワーク搬送ロボットR1を例にとり説明する。

【0011】図1はワーク搬送ロボットR1の側面図であり、図2はその上面図を示している。

【0012】これら図に示すようにワーク搬送ロボットR1は、基台Bに対して第1アームとしての旋回アーム16、第2アーム17が、上下軸11を介して上下動自在に配設されている。旋回アーム16の基端部は旋回軸12回りに回転自在に支持されている。旋回アーム16の先端部には、第2アーム17の基端部が第2軸13回りに回転可能に支持されている。さらにこの第2アーム17の先端部には、ハンドHが手首軸14回りに回転可能に支持されている。ハンドH上にワークWKが載置され保持される。このようにワーク搬送ロボットR1は、アーム16、17がアーム基端部である基台B（上下軸11）に対して片持ち支持された構造となっている。

【0013】そして駆動指令に応じて水平駆動軸としての旋回軸12、第2軸13が駆動されることによってアーム先端（ワークWK）の基台Bに対する水平移動量に変化する。この様子を図4（a）、（b）に示す。また駆動指令に応じて鉛直駆動軸として上下軸11が駆動されることによってアーム16、17の鉛直移動量に変化する。この結果アーム先端のワークWKが駆動指令に応じた位置まで搬送される。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】以上のようにアーム基端部に対してアーム16、17が片持ち支持された構造のワーク搬送ロボットR1にあっては、アーム16、17の自重やワークWKの重量の影響によって、図6に示すようにアーム16、17が本来の実線で示す状態から破線で示す状態へと自重方向に撓んでしまう。つまりアーム先端（ワークWK）では鉛直方向にΔZの撓み量だけアーム17が撓むことになる。とりわけ近年の基板の大型化に伴い、その撓み量は無視できない大きさになっている。

【0015】このためワークWKを保持した状態でアーム16、17をアーム基端部に対して伸張させていくと、ワークWKの移動軌跡は側面からみて水平な直線にはならず撓みにより自重方向にずれた曲線になってしまう。

【0016】ここで図5に示すロードロック室22は、上述したように高真空、高温、高クリーン度を必要とする処理加工室21と一体化されている。したがって外気との接触による汚染や温度勾配を最小限にとどめるために、ロードロック室22の搬入口22a（ロードロック室23の場合は搬出口）は、ワークWKとこれを保持するハンドHが通過可能な最小限度の大きさであることが

必要である。つまり搬入口22aの鉛直方向の高さは最小であることが必要である。

【0017】しかしワーク搬送ロボットR1によってロードロック室22の搬入口22aにワークWKを搬送する際に、ワークWKの移動軌跡が自重方向にずれた曲線になってしまうと以下のような問題が発生する。

【0018】（1）図5に示すようにロードロック室22の搬入口22aとロードロック室22内のワーク置台22bとは概ね直線状に設置されている。しかしワーク搬送ロボットR1によってワークWKを直線状に搬入させようとしても、第2アーム17が自重方向に撓んでしまうとワークWKが搬入口22aやワーク置台22bの各部に干渉してしまいワークWKが破損する虞がある。

【0019】（2）搬送するワークWKが大型化すると、ワーク搬送ロボットR1のワーク先端が収容カセットCの入口にかかったとき（相対的にアーム16、17の撓みが小さい）のワーク高さ、ワーク先端が収容カセットCの奥まで達したとき（相対的にアーム16、17の撓みが大きい）のワーク高さの差がカセットの上下方向のピッチに対して無視できなくなってくる。このためクリアランスを十分取る必要があるため、結果として収容カセットCの上下方向ピッチを大きくせざるを得ない。これにより収容カセットCのワーク収容枚数が少なくなってしまう。

【0020】（3）ワーク搬送ロボットR1のアーム16、17の剛性を向上させることによってワーク搬送軌跡を側面からみて水平な直線状の軌跡に近づけることが可能ではある。しかしアーム剛性を向上させることに伴ってアーム16、17の重量、寸法が増加する。このためワーク搬送ロボットR1を駆動するには、より大きな駆動力が必要となり高コストを招来する。また第2アーム17が大型化することによってロードロック室22の搬入口22aをこれに応じて大きくする必要があり、その分だけ搬入の際に外気との接触面積が増える。このため理加工室21の汚染や温度勾配の増大を招来する。

【0021】本発明はこれら（1）、（2）、（3）の問題を解決することを課題とするものである。

【0022】なお特開平7-99225号公報には、ハンドの撓みに伴う問題点を解決する発明が開示されている。しかしこの公報記載の発明は、ハンドの撓みに伴う基板の撓みを専用のハンド機構を設けることによって矯正するというものである。

【0023】本発明は専用のハンド機構を設けることなく撓みを補正することを解決課題とするものである。

【0024】また特許2575717号公報には、カセットから基板を搬入出する際の位置ずれをなくすことを解決課題とする発明が開示されている。しかしこの公報記載の発明はアームにセンサを配設して基板の端を検出することによって位置ずれを補正するというものである。

【0025】本発明はアームにセンサを設けることなく、
 撓みを補正することを解決課題とするものである。

【0026】

【課題を解決するための手段および効果】そこで、本発明の第1発明では、基端部に対して片持ち支持されたアームと、駆動指令に応じた水平移動量だけ前記アーム先端を前記基端部に対して水平移動させる水平駆動軸と、前記駆動指令に応じた鉛直移動量だけ前記アームを鉛直移動させる鉛直駆動軸と、前記駆動指令を生成して前記水平駆動軸および前記鉛直駆動軸に出力することによってアーム先端のワークの搬送を制御する制御手段とを具えたワーク搬送装置の制御装置において、前記アーム先端の水平移動量に対応づけて前記アームの鉛直方向の撓み量を設定する撓み量設定手段を具え、前記制御手段は、前記アーム先端の現在の水平移動量に対応する撓み量を、前記撓み量設定手段の設定内容から求め、前記アームが撓み方向とは反対の鉛直方向に当該撓み量だけ鉛直移動するように前記鉛直移動量を補正して前記駆動指令を出力するようにしている。

【0027】第1発明を図11、図12を参照して説明する。

【0028】図11、図12(d)に示すようにアーム16、17の先端の水平移動量Xに対応づけてアーム16、17の鉛直方向の撓み量 ΔZ がラインL6として設定される。

【0029】そして図11、図12(f)に示すようにアーム16、17の先端の現在の水平移動量たとえばX12(P12)に対応する撓み量 ΔZ 12が、上記設定内容から求められる。そして、アーム16、17が撓み方向とは反対の鉛直方向に当該撓み量 ΔZ 12だけ鉛直移動するように鉛直移動量(鉛直駆動指令)Zが補正されて駆動指令が出力される。

【0030】また第2発明では、第1発明において、前記制御手段は、前記アーム先端が指令開始位置から目標位置まで所望の軌跡を描くように、各サンプリング時刻毎に前記駆動指令を出力する制御手段であり、現在のサンプリング時刻におけるアーム先端の水平移動量に対応する撓み量を、前記撓み量設定手段の設定内容から求め、前記アームが撓み方向とは反対の鉛直方向に当該撓み量だけ鉛直移動するように前記鉛直移動量を補正して現在のサンプリング時刻における駆動指令を出力するものである。

【0031】第2発明を図11、図12を参照して説明する。

【0032】図11、図12(d)に示すようにアーム16、17の先端の水平移動量Xに対応づけてアーム16、17の鉛直方向の撓み量 ΔZ がラインL6として設定される。

【0033】そして図11、図12(f)に示すように現在のサンプリング時刻におけるアーム16、17の先

端の水平移動量たとえばX12(P12)に対応する撓み量 ΔZ 12が、上記設定内容から求められる。そして、アーム16、17が撓み方向とは反対の鉛直方向に当該撓み量 ΔZ 12だけ鉛直移動するように鉛直移動量(鉛直駆動指令)Zが補正されて現在のサンプリング時刻における駆動指令が出力される。

【0034】また第3発明では、第1発明において、前記制御手段は、前記アーム先端が各目標位置に順次到達するように前記駆動指令を出力する制御手段であり、前記撓み量設定手段は、前記アーム先端が各目標位置間を移動する際の前記水平駆動軸の駆動量に対する前記鉛直駆動軸の駆動量の関係を、前記アーム先端の水平移動量に対する前記アームの鉛直方向の撓み量の関係として設定するものであり、前記制御手段は、次の目標位置におけるアーム先端の水平移動量に対応する撓み量を、前記撓み量設定手段の設定内容から求め、前記アームが撓み方向とは反対の鉛直方向に当該撓み量だけ鉛直移動するように前記鉛直移動量を補正して前記駆動指令を出力するものである。

【0035】第3発明を図10、図13を参照して説明する。

【0036】図10、図13(a)、(b)に示すようにアーム16、17の先端が各目標位置P1、P2間を移動する際の水平駆動軸の駆動量J2に対する鉛直駆動軸の駆動量 ΔZ の関係($\Delta Z = a \cdot J2 + b$)が、アーム16、17の先端の水平移動量Xに対するアーム16、17の鉛直方向の撓み量 ΔZ の関係(ラインL1)として設定される。

【0037】そして図10、図13(c)に示すように次の目標位置P2におけるアーム16、17の先端の水平移動量J22(P2)に対応する撓み量 ΔZ 2が、上記設定内容から求められる。そして、アーム16、17が撓み方向とは反対の鉛直方向に当該撓み量 ΔZ 2だけ鉛直移動するように鉛直移動量(鉛直駆動指令)Zが補正されて駆動指令が出力される。

【0038】また第4発明では、第1発明において、前記撓み量設定手段は、前記アームの種類または前記ワークの種類に応じて、撓み量を設定しておくものである。これによってアーム16、17の重量が変化したり、ワークWKの重量が変化した場合でも正確な撓み量が求められる。

【0039】以上のように本発明によれば、アーム16、17が撓み方向とは反対の鉛直方向に撓み量 ΔZ だけ鉛直移動するように鉛直移動量(鉛直駆動指令)Zを補正した駆動指令が出力されるようにしているので、ワークWKの移動軌跡が自重方向にずれた曲線になることが防止されワークWKは水平方向に直線状に移動される。このため上記諸問題(1)、(2)、(3)が解決される。

【0040】

【発明の実施の形態】以下図面を参照して本発明に係るワーク搬送装置の制御装置の実施の形態について説明する。

【0041】本実施形態では、ワーク搬送装置として図3に示す製造システムで稼働するワーク搬送ロボットR1を例にとり説明する。図3の説明は上述したとおりである。

【0042】図1はワーク搬送ロボットR1の側面図（断面図）であり、図2はその上面図を示している。

【0043】これら図に示すようにワーク搬送ロボットR1は、基台Bに対して第1アームとしての旋回アーム16、第2アーム17が、上下軸11を介して鉛直軸Zの方向に上下動自在に配設されている。上下軸11はモータM1によって駆動される。

【0044】旋回アーム16の基端部は旋回軸12回りに回転自在に支持されている。旋回軸12はモータM2によって駆動される。

【0045】旋回アーム16の先端部には、第2アーム17の基端部が第2軸13回りに回転可能に支持されている。第2軸13はモータM3によって駆動される。

【0046】さらにこの第2アーム17の先端部には、ハンドHが手首軸14回りに回転可能に支持されている。手首軸14はモータM4によって駆動される。

【0047】ハンドH上にはワークWKが載置され保持される。

【0048】このようにワーク搬送ロボットR1は、アーム16、17がアーム基端部である基台B（上下軸11）に対して片持ち支持された構造となっている。

【0049】そして駆動指令に応じてモータM2、M3が駆動され水平駆動軸としての旋回軸12、第2軸13が駆動される。これによってアーム先端（ハンドHの回転中心14）の基台Bに対する水平移動量に変化する。つまり旋回アーム16の旋回中心（旋回軸12）からハンドHの回転中心（手首軸14）までの距離X（以下この距離のことをアーム伸ばし量Xという）が変化する。

【0050】図2に示すように旋回軸12が矢印A1方向に回転し第2軸13が矢印B1方向に回転することによってアーム16、17の先端が矢印a1方向に伸張する。旋回軸12が矢印A2方向に回転し第2軸13が矢印B2方向に回転することによってアーム16、17の先端（ハンドHの回転中心14）が矢印a2方向に縮退する。

【0051】また駆動指令に応じてモータM1が駆動され鉛直駆動軸として上下軸11が駆動される。これによってアーム16、17のZ軸方向の鉛直移動量Zに変化する。

【0052】ここで図7は旋回アーム16の回転角度J1、第2アーム17の回転角度J2と、アーム伸ばし量Xとの幾何学的関係を上面から示している。

【0053】同図7に示すように、ワーク搬送ロボット

R1は、旋回アーム16の長さ（旋回軸12と第2軸13との距離）と、第2アーム17の長さ（第2軸13と手首軸14との距離）とが等しいつまりいわゆるリンク比が1:1のスカラロボットであるとすると、

【0054】このとき旋回軸12を通るX軸に沿ってハンドHの回転中心（手首軸14）が直線状に移動することを考える。つまりハンドHの回転中心14が目標点P1に位置されたときの旋回アーム16の回転角度J1をJ11とし、第2アーム17の回転角度J2をJ21とする。なおこのときのハンドHの回転中心14の水平線H1に対する鉛直方向の撓み量ΔZをΔZ1とする。そしてハンドHの回転中心14が目標点P2に位置されたときの旋回アーム16の回転角度J1をJ12とし、第2アーム17の回転角度J2をJ22とする。なおこのときのハンドHの回転中心14の撓み量ΔZをΔZ2とする。J1はX軸に対する角度であり増加方向に変化する角度とする。J2は旋回アーム16に対する第2アーム17の角度であり減少方向に変化する角度とする。

【0055】すると旋回アーム16の回転角度変化量ΔJ1（=J12-J11）と、第2アーム17の回転角度変化量ΔJ2（=J21-J22）との間には以下の関係が成立する。

$$\Delta J 2 = 2 \cdot \Delta J 1 \quad \cdots (1)$$

さてワーク搬送ロボットR1のアーム先端（ハンドHの回転中心14）を目標点に到達させる制御方法としてCP（コンティニューアス・パス）制御とPTP（ポイント・トゥ・ポイント）制御がある。

【0057】CP制御は目標点P1と目標点P2との間を所望の軌跡に沿って移動するように各駆動軸11、12、13を駆動制御する制御方法である。PTP制御は目標点P1、P2…に順次到達するように各駆動軸11、12、13を駆動制御する制御方法であり目標点間P1～P2でどのような経路を通るかは問わない制御方法である。

【0058】PTP制御の場合には目標点P1～P2間で、各駆動軸11、12、13の駆動指令（速度指令）の加減速パターンが一致し、各駆動軸11、12、13の動作時間が一致するように各駆動軸11、12、13に対して駆動指令が出力される。

【0059】したがってPTP制御の場合、各駆動軸11、12、13の駆動量の間には一定の関係が成立する。図7に示すようにリンク比が1:1で旋回軸12が固定されたスカラロボットR1に対してPTP制御を適用すると、水平駆動軸13の駆動量J2（第2アーム17の回転角度J2）と、鉛直駆動軸11の駆動量ΔZとの間には以下の関係が成立する。

$$\Delta Z = K \cdot (1 + J 2 / 180) \quad \cdots (2)$$

これを一般化して表すと次式のようにになる。

$$\Delta Z = a \cdot J 2 + b \quad \cdots (3)$$

ただしa、bは定数である。このようにPTP制御の場合には鉛直駆動軸（上下軸）11の駆動量 ΔZ は、水平駆動軸（第2軸）13の駆動量J2を変数とする1次式で表すことができる。

【0062】以上のようにワーク搬送ロボットR1はCP制御ないしはPTP制御によって各駆動軸11、12、13が駆動制御されることによってアーム先端（ハンドHの回転中心14）のワークWKが駆動指令に応じた目標位置P1、P2まで搬送される。

【0063】ワーク搬送ロボットR1によってワークWKがロードロック室22に搬入される様子を図4(a)、(b)に示す。

【0064】同図4(a)のようにクリーンルームCRの収容カセットCからワークWKを取り出すと（図3参照）、回転軸12が回転駆動されハンドHがロードロック室22の搬入口22aに正対する位置に位置決めされる。このときアーム16、17の先端（ハンドHの回転中心14）はアーム基端部（回転軸12）側へ縮退されている。

【0065】つぎに回転軸12および第2軸13が回転駆動されアーム16、17の先端（ハンドHの回転中心14）がロードロック室22の搬入口22a側へ伸張される。このためハンドHが搬入口22aに挿入される。そしてハンドHによって保持されたワークWKがロードロック室22内のワーク置台22b上の目標停止位置W3に位置されたときに、回転軸12および第2軸13の回転駆動が停止される。そして上下軸11が下方へ駆動される、このためワークWKをワーク置台22b上の目標停止位置W3に載置することができる。

【0066】図5はこのときの様子を側面からみた図である。

【0067】ロードロック室22は、上述したように高真空、高温、高クリーン度を必要とする処理加工室21と一体化されている。したがって外気との接触による汚染や温度勾配を最小限にとどめるために、ロードロック室22の搬入口22aは、ワークWKとこれを保持するハンドHが通過可能な最小限度の大きさであることが必要である。つまり搬入口22aの鉛直方向の高さは最小であることが必要である。

【0068】搬入口22aの鉛直方向の高さを最小にするためにはワーク搬送ロボットR1によってロードロック室22の搬入口22aにワークWKを搬入する際に、図6に示すアーム16、17の先端14の撓み ΔZ をなくしアーム16、17の先端14の移動軌跡を水平方向に沿った直線にする必要がある。

【0069】そこで本実施形態では以下の制御が行われる。以下CP制御、PTP制御のそれぞれの場合について説明する。

【0070】・CP制御

図8はCP制御を行うための制御ブロック図である。以

下図12を併せ参照して図8で行われる制御処理の内容について説明する。図12(a)、(b)、(c)はアーム16、17の動きを示す上面図であり、図12

(d)、(e)、(f)はアーム先端14の動き（アーム先端14の撓み）を示す側面図である。なお本実施形態ではアーム先端14が現在位置（指令開始位置）P1から目標位置P2まで移動する場合を例にとり説明する。

【0071】同図8に示すように、目標位置設定部31ではアーム先端14の目標位置P2が設定される。たとえばアーム先端14の目標位置P2はティーチングにより求められ記憶される。現在位置設定部32ではアーム先端14の現在位置（指令開始位置）P1が検出される。たとえば各駆動軸11、12、13に設けられた回転角度センサの検出値に基づきアーム先端14の現在位置P1が検出される（図12(a)参照）。

【0072】撓み量算出部33では、アーム伸ばし量Xに対するアーム先端14の撓み量 ΔZ が算出される。

【0073】すなわちアーム16、17の撓みは、アーム基端部（回転軸12）に対するアーム16、17、ワークWKの慣性モーメントによって定まる。したがってアーム16、17、ワークWKの重量が定めればアーム先端14の撓み量 ΔZ はワーク搬送ロボットR1のアーム伸ばし量Xによって一義的に定まる。したがってアーム先端撓み量 ΔZ はアーム伸ばし量Xの関数として表すことができる。

【0074】ここで図11はアーム伸ばし量Xと鉛直方向移動量Zとの関係を示す。図11のHLは水平線に対応しており、水平線HLの鉛直方向移動量Zを原点0とする。同図11の曲線L6はアーム伸ばし量Xに対するアーム先端撓み量 ΔZ の実測値を示している。曲線L4は曲線L6を正負反転させて得られた曲線でありアーム伸ばし量Xに対する撓み補正量 ΔZ を示している。

【0075】上記アーム伸ばし量Xとアーム先端撓み量 ΔZ との対応関係L6は記憶テーブルに記憶される。なおL4を記憶させておいてもよい。

【0076】本実施形態では上記アーム伸ばし量Xとアーム先端撓み量 ΔZ との対応関係L6を記憶テーブルに記憶しているが、関数fを所定の関数としてアーム伸ばし量Xからアーム先端撓み量 ΔZ を演算する演算式 $\Delta Z = f(X)$ を記憶しておいてもよい。

【0077】撓み量算出部33では、指令開始位置P1におけるアーム伸ばし量X1に対応するアーム先端撓み量 $\Delta Z1$ が上記記憶テーブルの設定記憶内容L6から算出される（読み出される）。同様にして目標位置P2におけるアーム伸ばし量X2に対応するアーム先端撓み量 $\Delta Z2$ が上記記憶テーブルの設定記憶内容L6から算出される（図12(a)、(d)参照）。

【0078】軌跡プランニング部34では、指令開始位置P1から目標位置P2に至るまでの所望の軌跡L12が求

められる。この所望軌跡 L_{12} は X 軸に沿った直線である（図 12 (b) 参照）。

【0079】そしてこの $P1$ 、 $P2$ 間を結ぶ経路 L_{12} 上に経由点 $P11$ 、 $P12$ が設定され、経路 L_{12} が小区間に分割される（図 12 (b)、(e)）。

【0080】逆変換部 36 では、サンプリング時間 Ta が経過する毎に各駆動軸 11、12、13 に対する駆動指令 Z' 、 $J1$ 、 $J2$ が生成され出力される。

【0081】すなわちサンブラ 35 を介してサンプリング時間 Ta が経過する毎に軌跡 L_{12} 上の各指令位置 $Ps1$ 、 $Ps2$ 、 $P11$ 、 $Ps3$ 、 $Ps4$ 、 $P12$ 、 $Ps5$ 、 $Ps6$ 、 $P2$ が逆変換部 36 に入力される。つまり指令開始位置 $P1$ と経由点 $P11$ との間が点 $Ps1$ 、 $Ps2$ により補間され、経由点 $P11$ と経由点 $P12$ との間が点 $Ps3$ 、 $Ps4$ によって補間され、経由点 $P12$ と目標点 $P2$ との間が点 $Ps5$ 、 $Ps6$ によって補間される。

【0082】そしてサンプリング時刻毎の各指令位置 $Ps1$ 、 $Ps2$ 、 $P11$ 、 $Ps3$ 、 $Ps4$ 、 $P12$ 、 $Ps5$ 、 $Ps6$ 、 $P2$ におけるたわみ補正量 ΔZ が求められる（図 12 (f)）。

【0083】たとえば図 11 に示すようにあるサンプリング時刻での指令位置が $P12$ であったとすると、この指令位置 $P12$ に対応するアーム伸ばし量 X_{12} が求められ、このアーム伸ばし量 X_{12} に対応するアーム先端撓み量 ΔZ_{12} が対応関係 $L6$ から求められる。そしてこのアーム伸ばし量 X_{12} に対応する撓み補正量 ΔZ_{12} が、上記求めたアーム先端撓み量 ΔZ_{12} を正負反転させて求められる。つまりアーム伸ばし量 X_{12} に対応する撓み補正量 ΔZ_{12} が図 11 の曲線 $L4$ から求められることになる。

【0084】また指令開始位置 $P1$ における撓み補正量 $\Delta Z1$ が同様にして求められる（図 11 参照）。

【0085】つぎに現在の指令位置 $P12$ を、上下軸 11 に対する駆動指令 Z' に変換する処理が実行される。すなわち現在の指令位置 $P12$ における撓み補正量 ΔZ_{12} と指令開始位置 $P1$ における撓み補正量 $\Delta Z1$ との差 $\Delta Z_{12} - \Delta Z1$ が求められる。

【0086】そして指令位置 $P12$ における本来の駆動指令 $Z (= 0)$ に対して上記偏差 $\Delta Z_{12} - \Delta Z1$ を加えることによって駆動指令 Z が補正されこの補正された駆動指令 Z' が上下軸 11 に対して出力される。

【0087】現在の指令位置が $P12$ のときを例にとり説明したが他の指令位置 Pn のときも同様に、指令位置 Pn に対応する撓み補正量 Zn が求められ、現在の指令位置 Pn における本来の駆動指令 $Z (= 0)$ に対して偏差 $\Delta Zn - \Delta Z1$ を加えることによって駆動指令 Z が補正されこの補正された駆動指令 Z' が上下軸 11 に対して出力される。

【0088】一方現在の指令位置 $P12$ を、回転軸 12、第 2 軸 13 に対する駆動指令 $J1$ 、 $J2$ に変換する処理が実行される。すなわち現在の指令位置 $P12$ に対応する

アーム伸ばし量 X_{12} が求められ、このアーム伸ばし量 X_{12} が得られる各軸駆動指令 $J1_{12}$ 、 $J2_{12}$ が逆変換によって求められる。

【0089】そして指令位置 $P12$ における駆動指令 $J1_{12}$ が回転軸 12 に対して出力されるとともに駆動指令 $J2_{12}$ が第 2 軸 13 に対して出力される。

【0090】現在の指令位置が $P12$ のときを例にとり説明したが他の指令位置 Pn のときも同様に、現在の指令位置 Pn に対応するアーム伸ばし量 Xn が求められ、このアーム伸ばし量 Xn が得られる各軸駆動指令 $J1n$ 、 $J2n$ が逆変換によって求められ駆動指令 $J1n$ が回転軸 12 に対して出力されるとともに駆動指令 $J2n$ が第 2 軸 13 に対して出力される。

【0091】制御部 38 では、各駆動軸 11、12、13 の駆動制御がサンプリング時間 Tb が経過する毎に実行される。なおサンプリング時間 Ta 、 Tb の間には $Ta \geq Tb$ という関係が成立しているものとする。

【0092】すなわちサンブラ 37 を介してサンプリング時間 Tb が経過する毎に各指令位置 $Ps1$ 、 $Ps2$ 、 $P11$ 、 $Ps3$ 、 $Ps4$ 、 $P12$ 、 $Ps5$ 、 $Ps6$ 、 $P2$ における駆動指令が制御部 38 に入力される。

【0093】現在の指令位置が $P12$ であるとする、この指令位置 $P12$ に対応する駆動指令 Z' ($= Z + (\Delta Z_{12} - \Delta Z1)$) が入力されており、この駆動指令 Z' に応じて上下軸 11 用のモータ $M1$ の位置、速度が制御される。この結果上下軸 11 が鉛直移動量 Z' ($= Z + (\Delta Z_{12} - \Delta Z1)$) だけ駆動される。

【0094】現在の指令位置が $P12$ のときを例にとり説明したが他の指令位置 Pn のときも同様に、現在の指令位置 Pn に対応する駆動指令 Z' ($= Z + (\Delta Zn - \Delta Z1)$) が入力され、この駆動指令 Z' に応じて上下軸 11 用のモータ $M1$ の位置、速度が制御される。この結果上下軸 11 は鉛直移動量 Z' ($= Z + (\Delta Zn - \Delta Z1)$) だけ駆動される。

【0095】つぎに回転軸 12、第 2 軸 13 の制御について述べる。

【0096】現在の指令位置が $P12$ であるとする、この指令位置 $P12$ に対応する駆動指令 $J1_{12}$ 、 $J2_{12}$ が入力されており、この駆動指令 $J1_{12}$ 、 $J2_{12}$ に応じて回転軸 12 用のモータ $M2$ 、第 2 軸 13 用のモータ $M3$ の位置、速度がそれぞれ制御される。この結果回転軸 12 が角度 $J1_{12}$ だけ駆動されるとともに第 2 軸 13 が角度 $J2_{12}$ だけ駆動される。

【0097】現在の指令位置が $P12$ のときを例にとり説明したが他の指令位置 Pn のときも同様に、現在の指令位置 Pn に対応する駆動指令 $J1n$ 、 $J2n$ が入力され、この駆動指令 $J1n$ 、 $J2n$ に応じて回転軸 12 用のモータ $M2$ 、第 2 軸 13 用のモータ $M3$ の位置、速度がそれぞれ制御される。この結果回転軸 12 が角度 $J1n$ だけ駆動されるとともに第 2 軸 13 が角度 $J2n$ だけ駆

10

20

30

40

50

動される。

【0098】以上のようにしてアーム先端14は指令開始位置P1から目標位置P2まで、X軸に沿った直線経路L12上を移動する。そしてこの間、各サンプリング時刻 t_n 毎に、アーム16、17の先端14が撓み方向とは反対の鉛直方向Zに、指令開始位置における撓み量に対する差分 $\Delta Z_n - \Delta Z_1$ だけ鉛直移動するように鉛直方向駆動量Zの補正がなされている。このように本実施形態によれば鉛直方向駆動量Zの補正を行うようにしているので、アーム先端14は水平線HLに沿って直線状に移動する。つまりワークWKの移動軌跡が自重方向にずれた曲線になることが防止される。

【0099】・PTP制御

図9はPTP制御を行うための制御ブロック図である。以下図13を併せ参照して図9で行われる制御処理の内容について説明する。図13(a)はアーム16、17の動きを示す上面図であり、図13(b)、(c)はアーム先端14の動き(アーム先端14の撓み)を示す側面図である。なお本実施形態ではアーム先端14が現在位置(指令開始位置)P1から目標位置P2まで移動する場合を例にとり説明する。

【0100】同図9に示すように、目標位置設定部31ではアーム先端14の目標位置P2が設定される。たとえばアーム先端14の目標位置P2はティーチングにより求められ記憶される。現在位置設定部32ではアーム先端14の現在位置(指令開始位置)P1が検出される。たとえば各駆動軸11、12、13に設けられた回転角度センサの検出値に基づきアーム先端14の現在位置P1が検出される(図13(a)参照)。

【0101】撓み量算出部39では、第2アーム17の回転角度J2に対するアーム先端14の撓み量 ΔZ が算出される。

【0102】ここで図10は第2アーム17の回転角度J2と鉛直方向移動量Zとの関係を示す。図10のHLは水平線に対応しており、水平線HLの鉛直方向移動量Zを原点0とする。同図10の曲線L3は第2アーム回転角度J2に対するアーム先端撓み量 ΔZ の実測値を示している。

【0103】さて前述したように実施形態のワーク搬送ロボットR1に対してPTP制御を適用すると、第2アーム17の回転角度J2(第2軸13の駆動量J2)と、上下軸11の駆動量 ΔZ との間には以下の関係が成立する。

【0104】

$$\Delta Z = K \cdot (1 + J2/180) \quad \cdots (2)$$

これを一般化して表すと次式のようになる。

$$\Delta Z = a \cdot J2 + b \quad \cdots (3)$$

ただしa、bは定数である。

【0106】そこで上記(3)式が、第2アーム17の回転角度J2と、撓み補正量 ΔZ との関係を示す近似式

として記憶しておく。

【0107】上記近似式(3)式から得られる対応関係を図10にL1として示す。

【0108】図10において近似式(3)から得られる曲線L1は実測撓み量を示す曲線L6を正負反転させたものと近似的に等しい。

【0109】本実施形態では近似式(3)式を記憶させているが、近似式(3)式から得られる第2アーム回転角度J2と撓み補正量 ΔZ との対応関係L1を記憶テーブルに記憶させておいてもよい。

【0110】撓み量算出部39では、指令開始位置P1における第2アーム回転角度J21に対応する撓み補正量 ΔZ_1 が上記近似式(3)式から算出される。同様にして目標位置P2における第2アーム回転角度J22に対応する撓み補正量 ΔZ_2 が上記近似式(3)式から算出される(図13(a)、(b)参照)。

【0111】目標位置修正部40では、目標位置P2での上下軸11に対する鉛直駆動指令Zが補正される。

【0112】すなわち目標位置P2における撓み補正量 ΔZ_2 と指令開始位置P1における撓み補正量 ΔZ_1 との差 $\Delta Z_2 - \Delta Z_1$ が求められる。そして目標位置P2における本来の駆動指令Z(=0)に対して上記偏差 $\Delta Z_2 - \Delta Z_1$ を加えることによって駆動指令Zが補正される(図13(c)参照)。ここで図13(f)はこの補正駆動指令Z'つまり上下軸11のモータM1に対する速度指令を示している。

【0113】なお目標位置P2における水平駆動指令J1、J2は補正されない。図13(d)は旋回軸12に対する駆動指令J1つまり旋回軸12のモータM2に対する速度指令を示している。また図13(e)は第2軸13に対する駆動指令J2つまり第2軸13のモータM3に対する速度指令を示している。

【0114】PTP制御の場合これら図13(d)、(e)、(f)に示すように指令開始位置P1から目標位置P2に到達するまでの速度指令の加減速パターンは各駆動軸11、12、13で一致しており、かつ動作時間は各駆動軸11、12、13で一致している。つまり各速度指令の加速区間の時間 t_a は等しく、また等速区間の時間 t_e は等しく、また減速区間の時間 t_d は等しい。

【0115】補間部41では、サンプリング時間Taが経過する毎に各駆動軸11、12、13に対する速度指令Z'、J1、J2が生成され出力される。

【0116】すなわちサンプリング時間Taが経過する毎に、図13(f)に示す速度指令パターンZ'に従い現在の速度指令が上下軸11用のモータM1に対して出力される。同様にサンプリング時間Taが経過する毎に、図13(d)に示す速度指令パターンJ1に従い現在の速度指令が旋回軸12用のモータM2に対して出力され、図13(e)に示す速度指令

パターン J 2 に従い現在の速度指令が第 2 軸 13 用のモータ M 3 に対して出力される。このようにして指令開始位置 P1、目標位置 P2 間が補間される。

【0117】制御部 42 では、各駆動軸 11、12、13 の駆動制御がサンプリング時間 T_b が経過する毎に実行される。なおサンプリング時間 T_a、T_b との間には T_a ≥ T_b という関係が成立しているものとする。

【0118】すなわちサンブラ 37 を介してサンプリング時間 T_b が経過する毎に速度指令が制御部 42 に入力される。そしてこの速度指令が得られるよう各モータ M1、M2、M3 が駆動制御される。

【0119】以上のようにしてアーム先端 14 は指令開始位置 P1 から目標位置 P2 まで、X 軸に沿って移動する。そしてこの間、各サンプリング時刻 t_n 毎に、アーム 16、17 の先端 14 が撓み方向とは反対の鉛直方向 Z に、近似式 (3) 式に基づく撓み補正量差 ΔZ_n - ΔZ₁ だけ鉛直移動するように鉛直方向駆動量 Z の補正がなされている。図 10 における L2 は補正後の撓み量の測定値を示している。同図 10 からわかるように本実施形態によれば近似式 (3) 式に基づき鉛直方向駆動量 Z の補正を行うようにしているの、アーム先端 14 は水平線 HL に沿って直線状に移動する。つまりワーク WK の移動軌跡が自重方向にずれた曲線になることが防止される。

【0120】ここで上記 (3) 式に従って鉛直方向駆動量 Z を補正したことによる効果について図 14 を参照して説明する。

【0121】図 14 (a) は上記 (3) 式に基づき近似的な撓み補正量 ΔZ を求めた場合を示し、図 14 (b) は上記 (3) 式とは異なった式に基づき近似的な撓み補正量 ΔZ を求めた場合を示している。

【0122】ワーク搬送ロボット R1 の稼働態様によっては、アーム先端 14 を指令開始位置 P1 から目標位置 P2 まで移動させる稼働態様の他に、アーム先端 14 を指令開始位置 P1 から目標位置 P2 手前の中間位置 P3 まで移動させこの中間位置 P3 で一旦停止させる稼働態様がある。

【0123】図 14 (a) に示す本実施形態の制御の場合には、上記 (3) 式に従って目標点 P2 における撓み補正量 ΔZ₂ が求められ、中間点 P3 における撓み補正量 ΔZ₃ が求められる。そして同じ (3) 式に従って上下軸 11 の駆動量 ΔZ が変化する。したがって目標点 P2 までアーム先端 14 を移動させたときの中間点 P3 通過時の撓み補正量 ΔZ₃ と、中間点 P3 で一旦アーム先端 14 を停止させたときの当該中間点 P3 における撓み補正量 ΔZ₃ は一致する。つまり目標点 P2 に至るまでの中間点 P3 通過時のアーム先端 14 の高さ、中間点 P3 で一旦停止させたときのアーム先端 14 の高さとの間で誤差は生じない。

【0124】これに対して図 14 (b) の場合には、上

記 (3) 式とは異なる式に従って目標点 P2 における撓み補正量 ΔZ₂' が求められ、中間点 P3 における撓み補正量 ΔZ₃' が求められる。そして上記 (3) 式に従って上下軸 11 の駆動量 ΔZ が変化する。したがって目標点 P2 までアーム先端 14 を移動させたときの中間点 P3 通過時の撓み補正量 ΔZ₃ (これは (3) 式に基づき得られる) と、中間点 P3 で一旦アーム先端 14 を停止させたときの当該中間点 P3 における撓み補正量 ΔZ₃' (これは (3) 式とは異なる式から得られる) は異なることになる。つまり目標点 P2 に至るまでの中間点 P3 通過時のアーム先端 14 の高さ、中間点 P3 で一旦停止させたときのアーム先端 14 の高さとの間で誤差は生じることになる。

【0125】以上のように本実施形態によれば、目標点 P2 の途中の中間点 P3 通過時のアーム先端 14 の高さ、中間点 P3 で一旦停止させたときのアーム先端 14 の高さを一致させることができるという効果が得られる。

【0126】なお本実施形態では、ワーク搬送ロボット R1 の旋回アーム 16、第 2 アーム 17 の重量、ワーク WK の重量が一義的な重量であることを前提として説明した。しかし本発明としてはワーク搬送ロボットの種類、ワーク WK の種類が異なり旋回アーム 16、第 2 アーム 17 の重量、ワーク WK の重量が変化する場合にも対処することができる。

【0127】CP 制御の場合には、旋回アーム 16、第 2 アーム 17 の重量、ワーク WK の重量に応じてアーム撓み量ないしは撓み補正量 ΔZ を記憶させておけばよい。

【0128】また PTP 制御の場合には、旋回アーム 16、第 2 アーム 17 の重量、ワーク WK の重量に応じて上記近似式 (3) 式における定数 a、b を定めればよい。

【図面の簡単な説明】

【図 1】図 1 は実施形態のワーク搬送ロボットの構成を示す側面図である。

【図 2】図 2 は実施形態のワーク搬送ロボットの構成を示す上面図である。

【図 3】図 3 は実施形態の製造システムを示す上面図である。

【図 4】図 4 (a)、(b) はワーク搬送ロボットによってワークが搬入される様子を示す上面図である。

【図 5】図 5 はワーク搬送ロボットによってワークが搬入される様子を示す側面図である。

【図 6】図 6 はアームが撓む様子を説明する側面図である。

【図 7】図 7 は実施形態のワーク搬送ロボットのアームの幾何学的関係を示す上面図である。

【図 8】図 8 は実施形態の制御ブロック図である。

【図 9】図 9 は実施形態の別の制御ブロック図である。

【図10】図10は第2アーム角度と鉛直移動量との関係を示すグラフである。

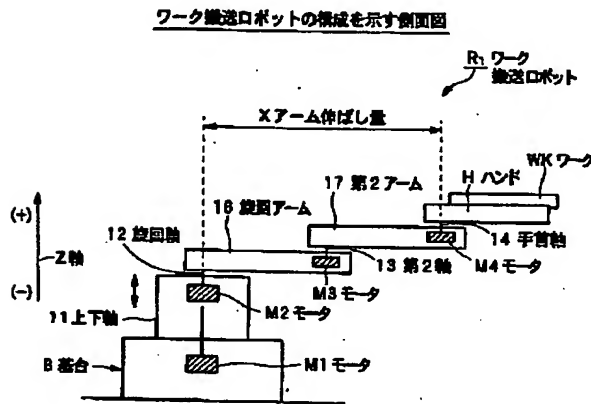
【図11】図11はアーム伸ばし量と鉛直移動量との関係を示すグラフである。

【図12】図12(a)～(f)は図8に対応して制御処理を説明する図である。

【図13】図13(a)～(f)は図9に対応して制御処理を説明する図である。

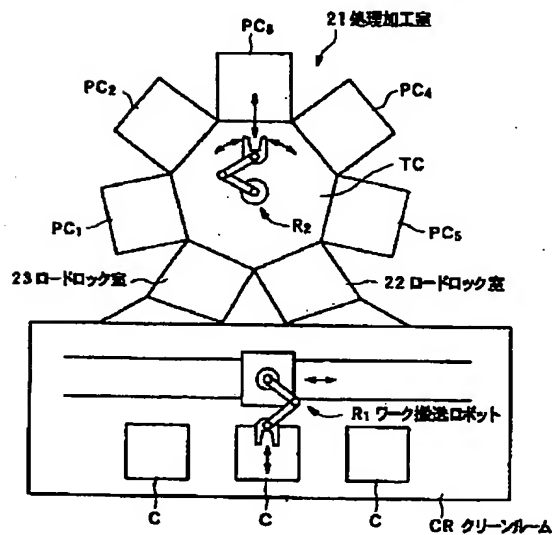
【図14】図14(a)、(b)はアーム先端と撓み補

【図1】



【図3】

実機形態の製造システムを示す上面図



正量との関係を示す図である。

【符号の説明】

R2 ワーク搬送ロボット

WK ワーク

11 上下軸

12 回転軸

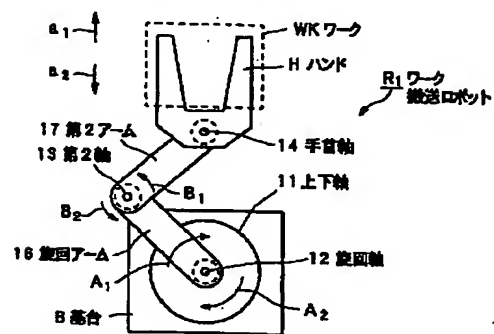
13 第2軸

16 回転アーム

17 第2アーム

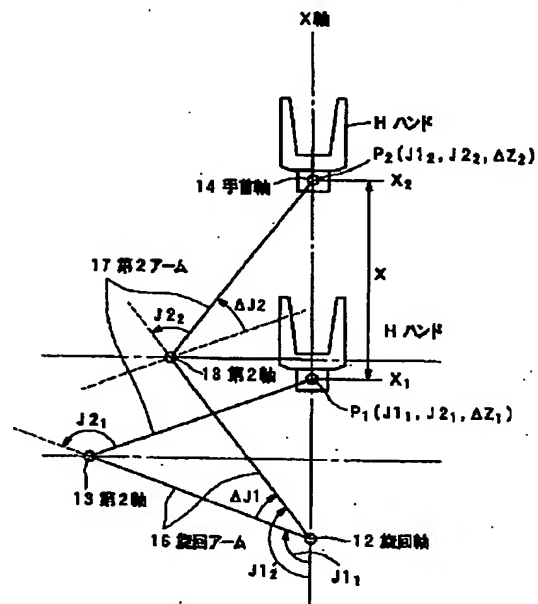
【図2】

ワーク搬送ロボットの構成を示す上面図

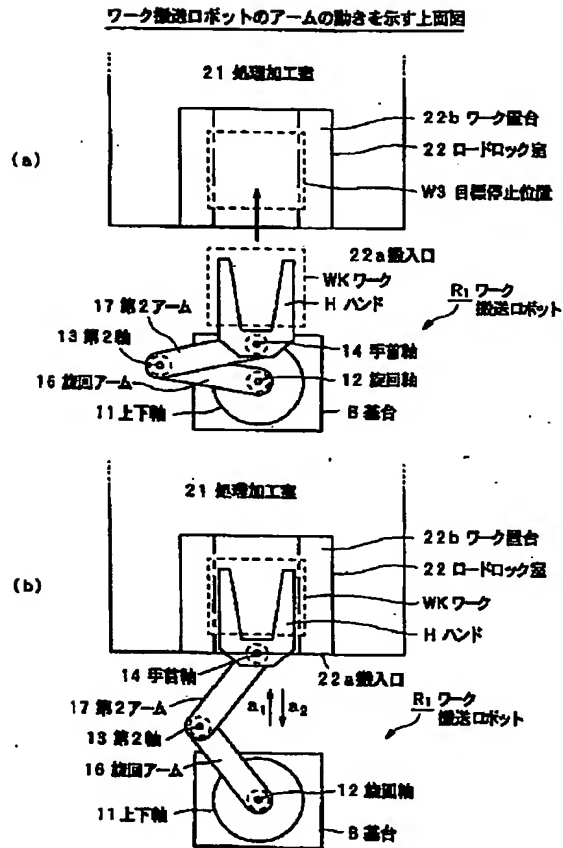


【図7】

アームの角度とハンドの動きの関係を示す平面図

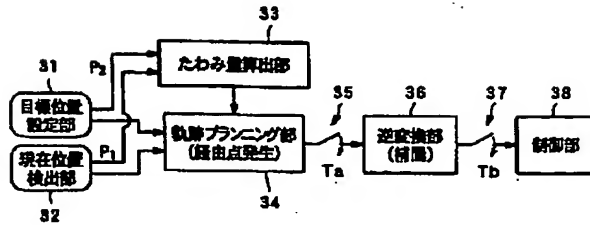


【図 4】



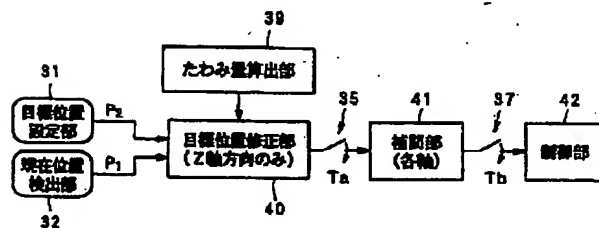
【図 8】

実施形態の制御ブロック図



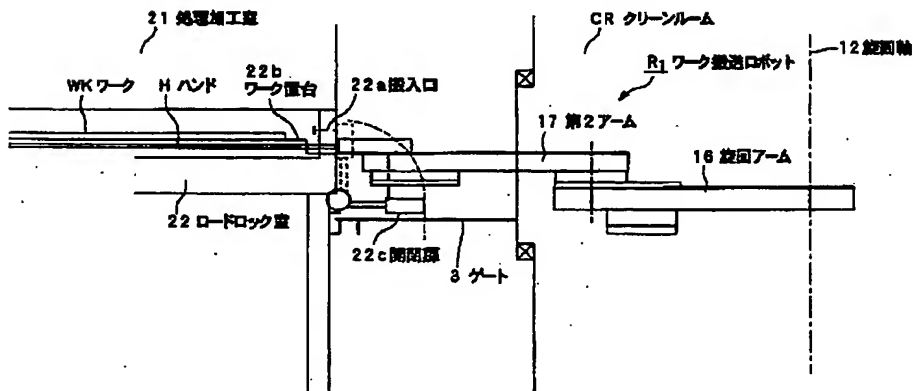
【図 9】

実施形態の制御ブロック図



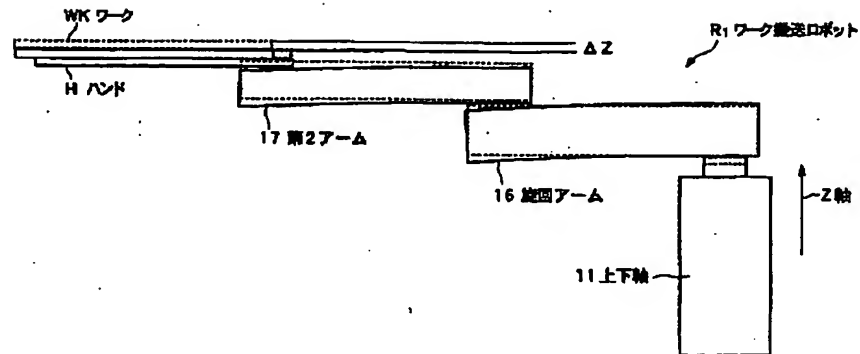
【図 5】

ワーク搬送ロボットのワーク搬入の様子を示す側面図



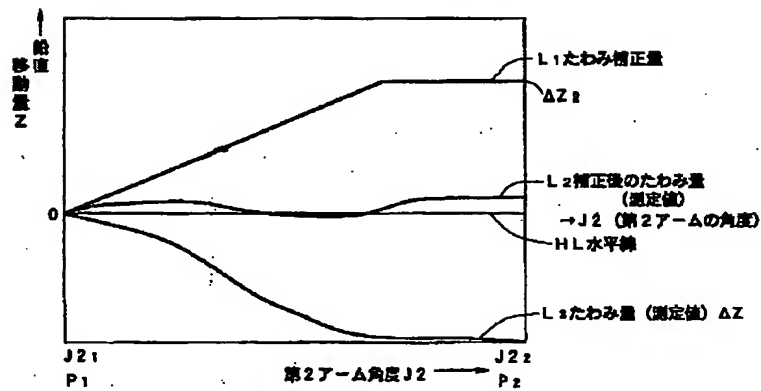
【図 6】

アームがたわむ様子を説明する側面図



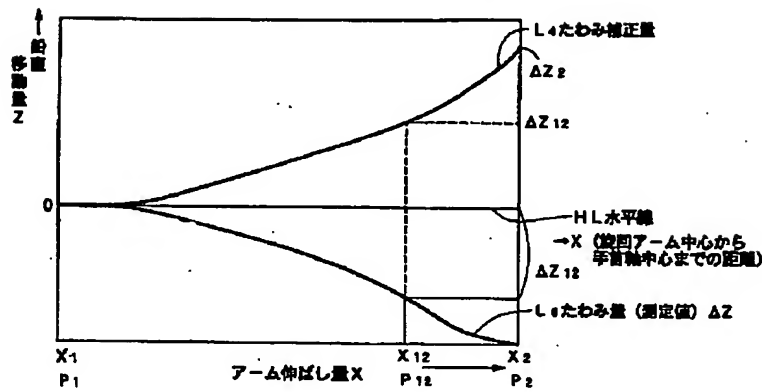
【図 10】

第2アーム角度と鉛直移動量の関係を示すグラフ



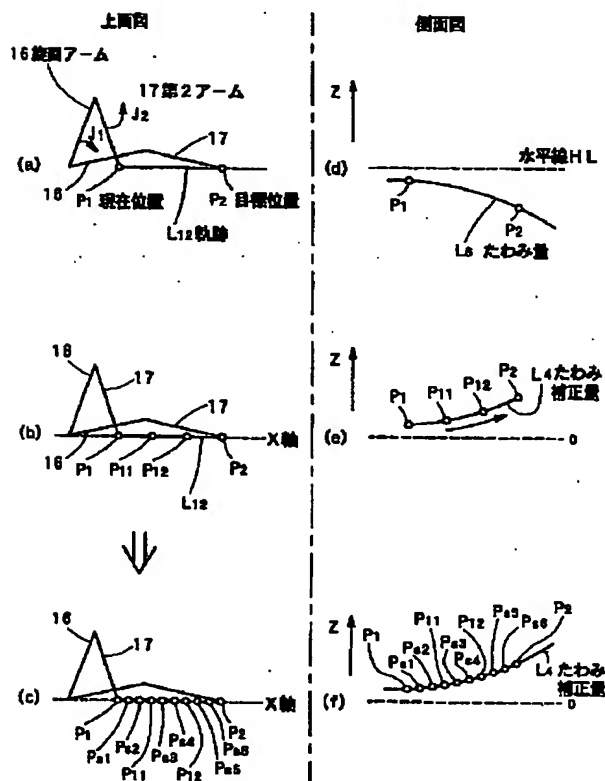
【図11】

アーム伸ばし量と鉛直移動量の関係を示すグラフ



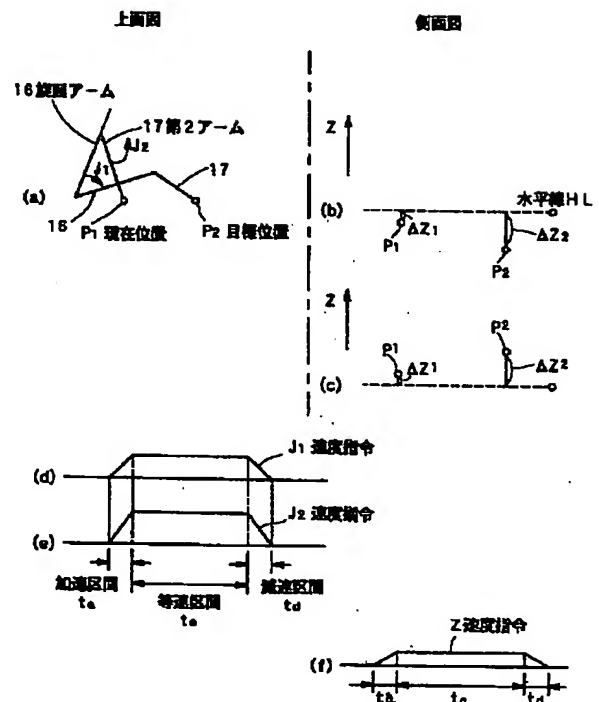
【図12】

制御処理を説明する図



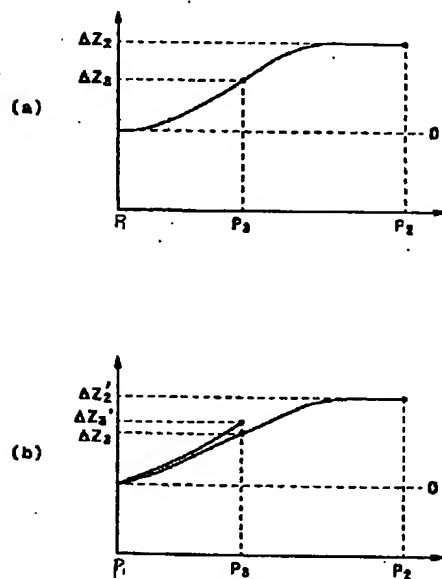
【図13】

制御処理を説明する図



【図 14】

アーム伸ばし量とたわみ補正量との関係を示す図



フロントページの続き

(72) 発明者 鮫島 泰郎
 栃木県小山市横倉新田400 株式会社小松
 製作所小山工場内

F ターム (参考) 2H088 FA17 FA30 MA20
 3F059 AA01 AA14 AA16 BA04 BA08
 DA08 FB17
 3F060 AA01 AA07 AA08 BA00 DA09
 DA10 EB12 EC12 FA01
 5F031 CA02 CA05 FA11 FA12 GA42
 GA43 GA49 MA09 MA28 MA29